

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ADRIANA GONÇALVES DE OLIVEIRA

SISTEMA DE PRECISÃO PARA CONTROLE DAS ATIVIDADES FLORESTAIS

CURITIBA

2020

ADRIANA GONÇALVES DE OLIVEIRA

SISTEMA DE PRECISÃO PARA CONTROLE DAS ATIVIDADES FLORESTAIS

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA

2020

Sistema de precisão para controle das atividades florestais

Adriana Gonçalves de Oliveira

RESUMO

A silvicultura de precisão pode ser conceituada como sendo um método de gerenciamento das atividades silviculturais que se destina a monitorar os cultivos florestais maximizando o uso dos recursos e o produto final. Com ela é possível utilizar de coletas e análise de dados georreferenciados, podendo assim viabilizar intervenções no cultivo florestal, tendo maior exatidão e precisão em função do cenário apresentado. O objetivo desse estudo consistiu em analisar o uso do sistema de precisão para controle das atividades florestais em uma empresa do setor florestal. A pesquisa com abordagem qualitativa, consistiu na coleta e análise de dados de atividades florestais. As informações foram obtidas por meio de controladores de vazão, computadores de bordo e GPS durante a aplicação de insumos no campo. Os resultados da pesquisa mostraram que no período foram trabalhadas 55 unidades de produção (UPs), abrangendo uma área de 1,77 mil hectares e que os rendimentos das 13 máquinas pela distribuição dos tempos foram de 759,07 horas produtivas, que representam 43,32% da disponibilidade dos equipamentos e foram constatados desvios de dosagem em 21% de UPs de área trabalhada e 7,3% de área percorrida. Os dados coletados demonstraram os desvios de aplicação formando um banco de dados para atuação e correção.

Palavras-chave: Gerenciamento. Cultivo. Desempenho.

ABSTRACT

Precision silviculture can be conceptualized as a method of managing silvicultural activities that is intended to monitor forest crops, maximizing the use of resources and the final product. With it it is possible to use collections and analysis of georeferenced data, thus being able to make interventions in forest cultivation viable, having greater accuracy and precision depending on the scenario presented. The objective of this study was to analyze the use of the precision system to control forest activities in a company in the forest sector. The research with a qualitative approach, consisted of collecting and analyzing data on forestry activities. The information was obtained through flow controllers, on-board computers and GPS during the application of inputs in the field. The results of the research showed that in the period 55 production units (UPs) were worked, covering an area of 1.77 thousand hectares and that the yields of the 13 machines by the distribution of the times were of 759.07 productive hours, which represent 43, 32% of equipment availability and dosage deviations were found in 21% of PUs in the area worked and 7.3% in the area covered. The collected data demonstrated the application deviations forming a database for performance and correction.

Keywords: Management. Cultivation. Performance.

1 INTRODUÇÃO

A utilização do sistema de precisão tem como resultado a maximização do desempenho da propriedade, por meio de implementação de técnicas de manejo, zoneamento e práticas operacionais para um melhor resultado dessas unidades de produção. Dessa forma, é necessário observar todos os processos e subprocessos, dentre eles o preparo do solo, que corresponde ao conjunto de operações silviculturais que são usadas no intuito de melhorar e facilitar o plantio e, conseqüentemente, o desenvolvimento inicial do sistema radicular, proporcionado por meio dessas ações o aumento da produtividade do cultivo florestal.

Algumas empresas, que atuam nesse ramo de manejo, utilizam dois métodos de preparo de solo, são eles: o plantio direto, que consiste num preparo de berço no tamanho ideal para o plantio da muda, que pode ser realizado utilizando um coveador de arrasto, motocoveador ou enxadão. O outro é o cultivo mínimo, que consiste no preparo do solo mais utilizado pelas empresas florestais no Brasil, o qual é realizado somente dentro da linha de plantio, imobilizando por volta de 30% da área total, trabalhando-se em uma determinada largura e profundidade menor que 0,5 m (FRANCISCATTE; PEREIRA, 2017).

É notório citar que a silvicultura de precisão pode ser definida como um método de gerenciamento das atividades silviculturais, ou seja, a mesma se utiliza de coletas e análise de dados georreferenciados, tornando assim possível viabilizar intervenções localizadas no cultivo florestal, tendo maior poder de exatidão e a precisão adequadas para cada tipo de situação (GALIZIA *et al.*, 2016).

É cada dia mais evidente a constante preocupação das indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima pela busca e manutenção da qualidade das florestas. Para isso, tais empresas têm buscado ferramentas cada vez mais tecnológicas para um acompanhamento mais preciso da realização das atividades em campo como garantia da correta aplicação da recomendação dos insumos, visto que isto impacta diretamente no desempenho do crescimento e desenvolvimento do plantio.

A ferramenta utilizada pela empresa pesquisada é o sistema de silvicultura de precisão que possibilita analisar as aplicações e distribuição de insumos nas atividades mecanizadas permitindo melhorar a homogeneidade da aplicação de

insumos, controle de dosagem e consequentemente redução nos custos operacionais.

O objetivo do estudo consistiu em avaliar o uso do sistema de precisão para controle das atividades silviculturais na empresa Suzano Papel e Celulose em Porto Franco/MA. Os objetivos específicos foram:

- i. analisar a funcionalidade e aplicabilidade do sistema de precisão;
- ii. apresentar informações reais de uma empresa que atua na área florestal; e
- iii. descrever as vantagens do sistema de precisão em atividades silviculturais mecanizadas.

O trabalho encontra-se estruturado por base em pesquisa exploratória com estudo de caso, onde inicialmente se apresenta uma introdução a respeito da silvicultura de precisão, utilização, vantagens e características. Logo em seguida, apresenta-se a revisão de literatura com abordagem de informações pertinentes a qualidade florestal e ao uso do sistema de precisão para controle das atividades florestais. No estudo de caso (dados coletados *in loco*) foi observada, nas atividades silviculturais mecanizadas, o uso de máquinas, bem como o uso e interferência do sistema de precisão para o controle das aplicações de insumos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Torna-se fundamental nesse capítulo demonstrar a importância da silvicultura de precisão compreendendo o conceito básico, aplicabilidade e vantagens que o sistema de precisão oferece.

Silvicultura de precisão consiste em planejar e administrar as atividades e operações de manejo florestal em sítios diferencialmente, proporcionando uma melhora significativa na qualidade e uso da madeira, contribuindo na redução de perdas, ao mesmo tempo que consegue aumentar os lucros e manter a qualidade do ambiente, podendo trabalhar as árvores individualmente ou em sítios diferentes (TAYLOR *et al.*, 2002).

Na silvicultura, a ferramenta de precisão, atrelada a gestão de qualidade, é utilizada, justamente com etapas importantes no processo, são elas: o preparo para as atividades de plantio, aplicação de fertilizantes e controle da matocompetição. A gestão dessa ferramenta de qualidade tem funcionado como um diferencial competitivo, independente do porte da organização (MELO, 2016).

De acordo com Trindade e Melo (2016), para atuar de forma direta na gestão das atividades e melhoria contínua, essa ferramenta se transformou em uma das mais importantes no ramo florestal.

Atualmente, o controle de qualidade tem sido grande parceiro nas operações de silvicultura e de colheita (TEREZAN *et al.*, 2016). Dentre as principais atividades avaliadas está a questão do preparo de solo, a adubação manual ou mecanizada, a aplicação de herbicidas e, em viveiros, a qualidade das mudas, entre outros processos que são essenciais para serem monitorados (MOREIRA *et al.*, 2016; BAZANI *et al.*, 2016).

A silvicultura de precisão pode ser definida como um método de gerenciamento das atividades silviculturais, um conjunto de técnicas de sensoriamento remoto e de informações geográficas aplicáveis ao manejo florestal, um sistema de gestão que leva em conta a variabilidade espacial. Utilizando-se de coletas e análise de dados georeferenciados, é possível viabilizar intervenções localizadas na floresta, com a exatidão e a precisão adequadas a cada situação (FRANCISCATTE; PEREIRA, 2017, p. 28).

Portanto, nas palavras de Trindade e Melo (2016), para que se consiga alcançar o sucesso na implantação desse sistema em uma silvicultura de precisão, é indispensável que se consiga realizar uma prescrição técnica de sítios-específicos,

tecnologia (SIG-GPS) para todas as partes envolvidas, colaboradores capacitados para executar tarefas de levantamento e planificação operativa.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no município de Porto Franco (FIGURA 1), estado do Maranhão, sendo cortado pelas rodovias federais BR-010 (Belém-Brasília) e BR-226, rodovia estadual MA-336 e pela Ferrovia Norte-Sul (em pleno funcionamento até o Porto de Itaqui).

Porto Franco está na área de abrangência da Cia Suzano de Papel e Celulose, com sua fábrica de celulose implantada no município vizinho de Imperatriz, sendo que o “Projeto Florestal da Suzano – Papel e Celulose S.A”, implantado na região de Porto Franco contempla as fazendas Bacaba, Toca da Onça e Dois irmãos delimitadas para área de estudo.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Google Maps (2019).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical (Aw) subúmido com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que vai de outubro a abril, com médias mensais superiores a 216 mm e outro seco, correspondente aos meses maio a setembro. O Polígono das Secas, que abrange quase toda região Nordeste apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço devido a esse fator a empresa optou por não realizar plantios nos meses de julho e agosto quando ocorre o pico do período seco.

Com relação ao aspecto pedológico, essa região apresenta uma grande heterogeneidade, com predominância de Latossolo Amarelo e Argissolo. Ocorrem, em menores proporções, os Nitossolos, os Neossolos e os Latossolos (EMBRAPA, 1999).

3.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Para realização desse trabalho foram utilizados, além da revisão de trabalhos científicos que tratam do assunto, a base de dados, disponibilizada pela empresa Suzano Papel e Celulose. Essa base de dados possui as seguintes informações, que foram posteriormente tabuladas e analisadas:

Área Percorrida (AP, em ha): a área calculada é o produto da distância percorrida pelo trator com a distância entre linhas especificada pelo operador no computador de bordo. Este cálculo está sujeito a dois tipos de erro devido a diferença entre a distância entre linha nominal (especificada pelo operador) e a real.

Área Trabalhada (AT, em ha): para o cálculo da área é levado em conta padrões de concentração de pontos para efetuar o cálculo da área coberta e é uma informação mais robusta e menos suscetível a erros relacionados às variações de distância entre linhas nominal e real. Estima-se a área a partir de um conjunto de pontos de aplicação e um raio de ação para cada ponto, sendo que este raio de ação é relacionado à distância entre linhas nominais.

Tempo produtivo: considera pontos produtivos quando não está em operação suspensa e a máquina está em plena operação, aplicando insumo e/ou subsolando.

Tempo auxiliar: tempo referente a eventos auxiliares da produção, geralmente caracterizado pelas manobras.

Tempo perdido: classifica os pontos como perdidos quando a máquina está em operação suspensa e a velocidade é superior a 0 km/h, evento geralmente caracterizado pelo deslocamento.

Outros tempos: quando a máquina está em operação suspensa e a velocidade é igual a 0 km/h. Sempre que a máquina está com o botão remoto acionado, o operador informa o motivo da operação suspensa. Os motivos de operação suspensa são preparação da máquina, calibração, refeição, abastecimento e manutenção.

Tempo operacional (h): é o tempo total que a máquina permaneceu no campo, considerando todos os tempos produtivos e os eventos de operação suspensa, sendo dado por:

$$\text{Tempo operacional (h)} = \text{Produtivo (h)} + \text{Auxiliar (h)} + \text{Perdido (h)} + \text{Outros (h)}$$

Recomendação e desvio de insumos: na aplicação de insumo com faixa fixa, o mapa de recomendação pode ser inserido no computador de bordo. Esta informação é utilizada como parâmetro para medir o desvio da dosagem aplicada em relação aplicação recomendada. Na aplicação de insumo com taxa variável, o mapa de recomendação é inserido no computador de bordo e, durante a aplicação de insumo, considera a recomendação local indicada. Neste caso, o desvio também é calculado, considerando a quantidade aplicada em relação à recomendação pontual.

Os dados foram coletados por meio de computadores de bordo instalados nos tratores com sistema de GPS (FIGURA 2).

FIGURA 2 – SISTEMA DE COLETA DE DADOS



Nota: O SWS é um servidor com aplicação e base de dados georreferenciadas, que processa os arquivos de mapas registrado no computador de bordo, gerando relatórios de rotina e de acompanhamento das atividades, disponibilizados aos produtores e provedores.

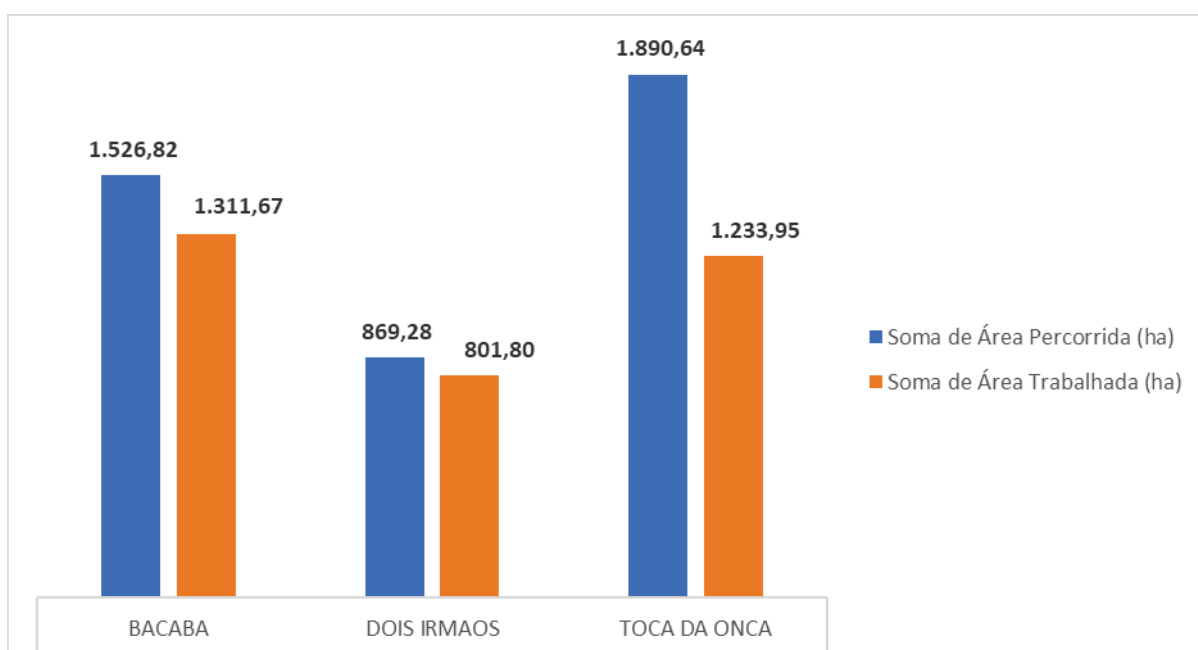
Nesse período, estavam em atividade 13 tratores com computadores de bordo executando as atividades de adubação e aplicação de herbicida nas fazendas Bacaba, Toca da Onça e Dois irmãos.

Essas fazendas possuem cultivos florestais de *Eucalyptus sp.*, com a seguinte distribuição de volume de plantio: Bacaba (476,39 ha em 19 UPs), Toca da Onça (909,22 ha em 23 UPs) e Dois Irmãos (387,57 ha em 13 UPs), totalizando 55 UPs e 1.773,18 ha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que foram trabalhadas 55 UPs, tendo sido percorridos 4.286,74 hectares, conforme apresentado na Figura 3. As áreas percorridas nas Fazendas foram de 1.526,82, 869,28 e 1.890,64 hectares para Bacaba, Dois Irmãos e Toca da Onça, respectivamente, enquanto as áreas trabalhadas totalizaram 3.345 hectares com 1.311,27 para Fazenda Bacaba, 801,80 Fazenda Dois Irmãos e 1.233,95 na Fazenda Toca da Onça. Destaque se dá para a Fazenda Toca da Onça, que correspondeu a 35% de desvio entre AP e AT, principalmente em função da diferença de espaçamento inserido no computador de bordo.

FIGURA 3 – ÁREA TRABALHADA POR FAZENDA

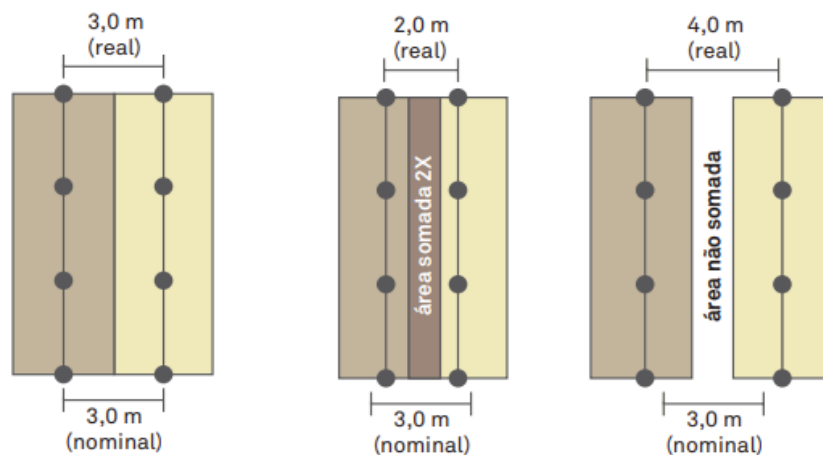


FONTE: Suzano Papel e Celulose (2019).

O espaçamento informado pelo operador no computador de bordo interfere diretamente no cálculo da área trabalhada (ha) e na área percorrida (ha), consequentemente, no *status* trabalhado (%), quantidade de insumo por área produtiva (kg/ha) e por área percorrida (kg/ha), assim como o desvio da área trabalhada (%) e da área percorrida (%). Na observação dos desvios considera a quantidade de insumo aplicado por unidade de área percorrida em relação à recomendação, uma vez que a área geométrica considera uma vez as áreas sobrepostas.

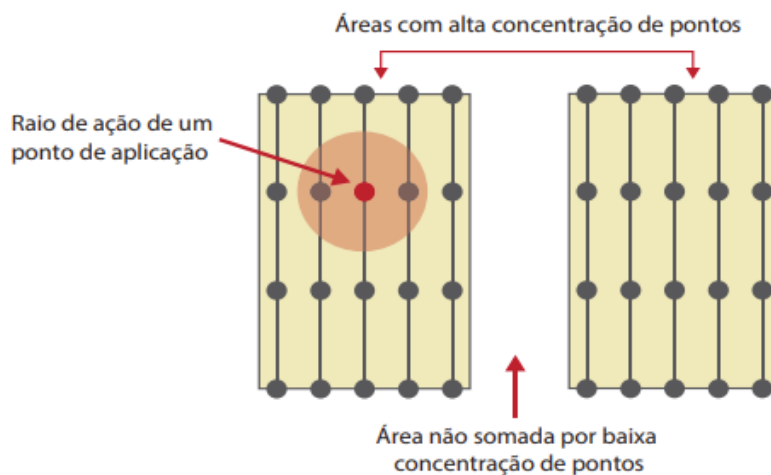
No caso de uma distância entre linha real menor que a nominal (*input* do espaçamento pelo operador), a área calculada é maior que a realmente coberta, pois intersecções são somadas duas vezes. Por sua vez, quando a distância entre linhas real é maior que a nominal, a área calculada é menor que a realmente coberta, pois há intervalos entre duas linhas que não são contabilizados (FIGURA 4).

FIGURA 4 – DISTÂNCIA ENTRE LINHAS



Quando a distância entre linhas real é menor que a nominal, haverá maior área de sobreposição na região com maior concentração de pontos, sendo as sobreposições consideradas apenas uma vez no cálculo. Para situações que a distância entre linhas real é maior que a nominal, será menor a ocorrência de áreas sobrepostas e dependendo da densidade de pontos, a área não é somada no cálculo geométrico, como ilustrado na Figura 5.

FIGURA 5 – DISTÂNCIA ENTRE LINHAS



Seguem as consequências diretas implicadas por distâncias entre linhas reais maiores que as distâncias nominais, sendo que o contrário também se aplica para situações onde a distância entre linhas reais são menores que as nominais.

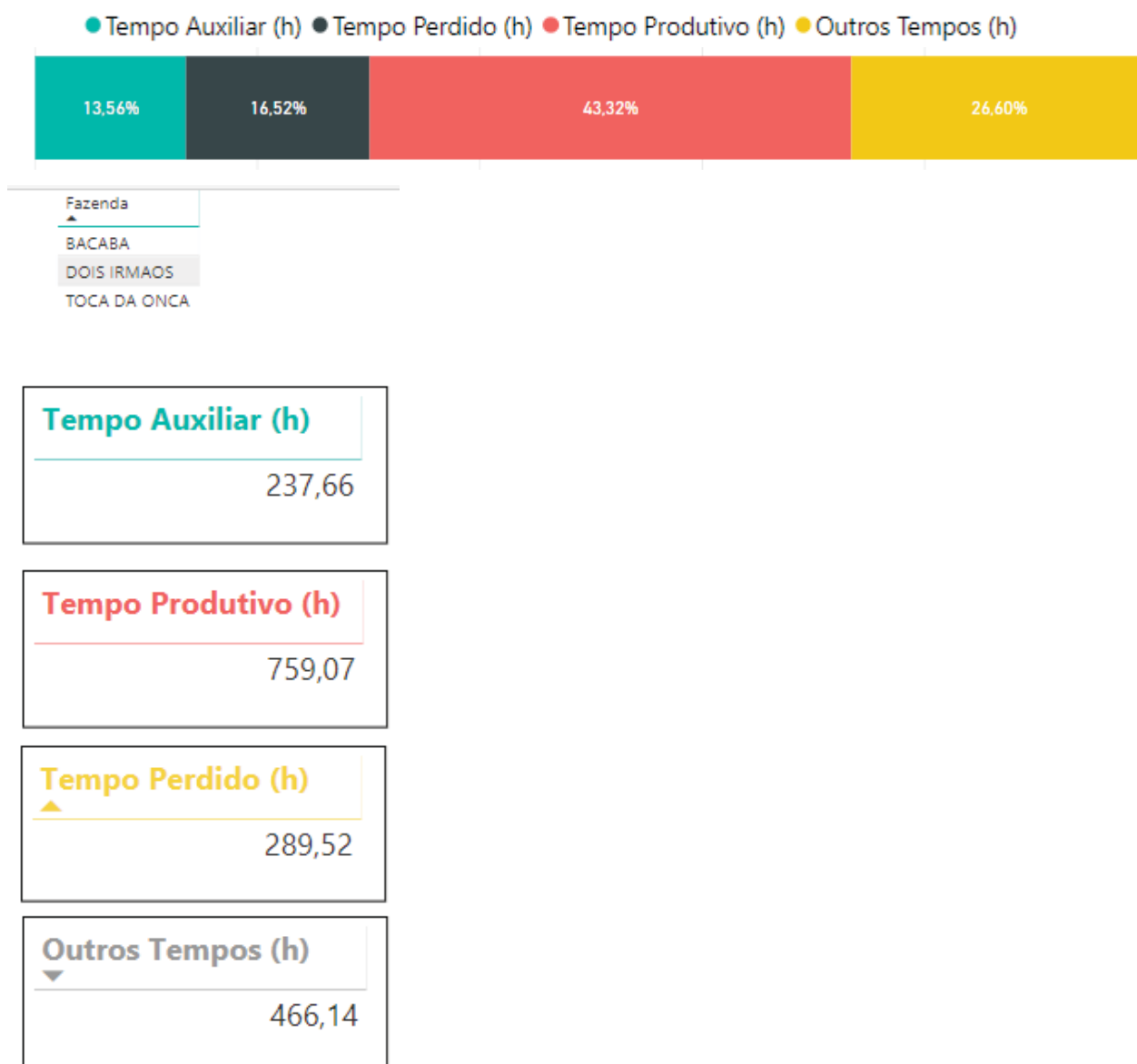
1. A dosagem em kg/ha diminui, embora a dosagem em kg/planta permaneça inalterada;
2. A quantidade de insumo utilizada é menor que a prevista utilizando-se a área original e a recomendação de dosagem em kg/ha; e
3. O número de linhas é menor e, conseqüentemente, o número futuro de plantas por hectare.

Um outro importante indicador extraído do sistema de precisão está relacionado com a produtividade das equipes operacionais, de acordo com os tempos de máquina. Quanto maior o tempo produtivo, mais eficiente está a equipe.

Os tempos perdidos e outros tempos têm que ser avaliados para analisar os principais fatores que impactam esse número e realizar as tratativas necessárias para reduzir.

Os resultados mostraram os rendimentos das máquinas pela distribuição dos tempos trabalhadas nas Fazendas Bacaba, Dois irmãos e Toca da Onça, onde o tempo produtivo foi de 759,07 horas, que representa 43,32% do total de horas dos equipamentos produzindo, essas informações são constantemente analisadas pela gestão para traçar ações para mitigar as horas improdutivas dos equipamentos, identificando por meio dos relatórios os principais gargalos. Pode ser verificado na Figura 6 que houve alta porcentagem em Outros Tempos (26,6%). Isso se deu por conta de manutenções não programadas que elevou a indisponibilidade dos equipamentos.

FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO DE TEMPOS



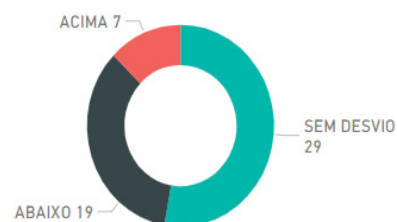
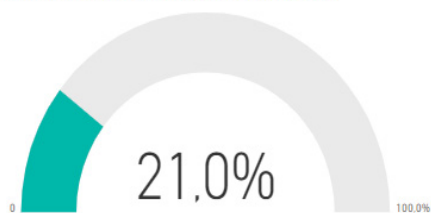
FONTE: Suzano Papel e Celulose (2019).

Os desvios de dosagens de insumos identificados nas UPs das Fazendas Bacaba, Dois Irmão e Toca da Onça são demonstrados na Figura 7. Notam-se desvios de dosagem, com 21% de UPs para área trabalhada, sendo 7 UPs com desvio de dosagem acima 5% e 19 UPs com dosagem abaixo de 5% e 29 UPs sem desvios. Além disso, 7,3% de área percorrida com desvio de 9 UPs com dosagem abaixo de 5% e 46 UPs sem desvios. Os valores são gerados durante a aplicação dos insumos adubo e herbicida. Nota-se que a dosagem com maior percentual de desvio foi nas UPs de área trabalhada, devido principalmente a irregularidade dos

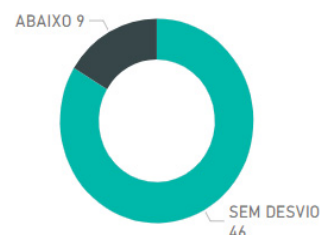
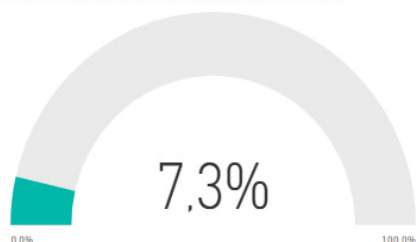
espaçamentos dos cultivos após a reforma, levando a uma variação na área trabalhada quando comparada à área percorrida, que também leva em consideração o espaçamento apresentado no computador de bordo. Com essa diferença de área, a dosagem é diretamente impactada.

FIGURA 7 – DESVIOS DE DOSAGEM

% UPS DESVIO ÁREA TRABALHADA



% UPS DESVIO ÁREA PERCORRIDA



FONTE: Suzano Papel e Celulose (2019).

Conforme dados representados, as vantagens ainda são a rastreabilidade do serviço executado; informações precisas registradas em sistema; garantia da recomendação correta utilizada em campo. A gestão operacional verifica os indicadores diariamente para acompanhar produção e desempenho das atividades mecanizadas na área de silvicultura. Cabe destacar que todos os desvios são avaliados tempestivamente e traçados planos de ação de curto e médio prazos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas empresas florestais, grande parte das operações silviculturais são executadas manualmente ou parcialmente mecanizadas, o que limita manejar o cultivo nos preceitos da silvicultura de precisão com uso de sistemas.

Na empresa, objeto desse estudo, vem sendo incorporado nas operações de silvicultura computadores de bordo nos tratores para o controle eletrônico de atividades de manejo, como a de aplicação de insumos, os quais permitem o controle contínuo das quantidades de insumos aplicadas e viabilidade da silvicultura de precisão.

Os resultados mostraram que foram trabalhadas 55 unidades de produção (UPs), abrangendo uma área de 1,77 mil hectares e que os rendimentos das 13 máquinas pela distribuição dos tempos foram de 759,07 horas produtivas, que representam 43,32% da disponibilidade dos equipamentos e os desvios de dosagem em 21% de UPs de área trabalhada e 7,3% de área percorrida.

Portanto, o estudo pode concluir que as principais vantagens da utilização do sistema de precisão consistem em:

- i. controlar o desvio do insumo e qualidade do cultivo florestal, tendo além disso ganhos financeiros e redução de perda de insumo;
- ii. rastreabilidade do serviço executado;
- iii. banco de dados registrado em sistema;
- iv. garantia da recomendação correta utilizada em campo; e
- v. base de dados e mapas para criação de indicadores.

REFERÊNCIAS

BAZANI, J. H.; BATISTUZZO, G. Z. B.; ZUCON, A. R. S.; PRIETO, M. R.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; MELO, E. A. S. C. Qualidade silvicultural: a fertilização de base e sua influência no desenvolvimento inicial de plantações de eucalipto. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, p. 1-10, 2016.

FRANCISCATTE, J.; PEREIRA, M. R. R. Silvicultura de precisão na qualidade da floresta e no preparo de solo. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3. **Anais do...** Florianópolis, p. 1-11, 2017.

GALIZIA, L. F. C.; RAMIRO, G. A.; ROSA, C. J. C. Qualidade das atividades silviculturais e silvicultura de precisão. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, p. 1-7, 2016.

Google Maps. **Mapa do Maranhão.** Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Maranh%C3%A3o/@-5.5932049,-48.1419654,7z/data=!4m5!3m4!1s0x7edd77a9bcc1ce5:0x6276aba3d96c2934!8m2!3d-4.9609498!4d-45.2744159>>. Acesso em: 27/09/2019.

MELO, E. A. S. C. de, *et al.* Controle de qualidade das atividades silviculturais e silvicultura de precisão: ferramentas para gestão eficiente e aumento da produtividade madeireira. REUNIÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DO PROGRAMA COOPERATIVO SOBRE SILVICULTURA E MANEJO, 50. **Anais do...** - dias 12 e 13 de novembro de 2014, p. 1-3.

MELO, E. A. S. C. Desafios e oportunidades para a silvicultura de precisão: uma síntese do congresso brasileiro de agricultura de precisão de 2014. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, p. 1-4, 2016.

MOREIRA, G. G.; LEMOS, C. C. Z.; HAKAMADA, R. E.; SILVA, R. M. L.; PIRES, G. T. A qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* impacta o aproveitamento final de mudas, a sobrevivência e o crescimento inicial. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, p. 1-5, 2016.

TAYLOR, S. E.; McDONALD, T. P.; FULTON, J. P.; SHAW, J. N.; CORLEY, F. W.; BROADBECK, C. J. **Precision forestry in the southeast U. S.** 2002.

TEREZAN, L. H.; BERNARDI, M.; SILVA, A. I. G. **Controle de qualidade florestal na Eldorado Brasil S.A.** Série Técnica IPEF, Piracicaba, v. 24, n. 45, p. 1-6, 2016.

TRINDADE, C.; MELO, E. A. S. C. Controle de qualidade das práticas silviculturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, p. 1-5, 2016.